



REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

DALE
Office de l'urbanisme
Rue David Dufour, 5
1205 Genève



Commune de Carouge
Route du Val d'Arve 94
Case Postale 1576
1227 Carouge

PLQ Battelle

Concept énergétique territorial

Septembre 2014

CET 2014-07

OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE
Rue du Puits-Saint-Pierre 4
Case postale 3920
1211 Genève 3

Mandataire

Daniel Gasser
ENERCORE
81, avenue Louis-Casali
1216 Cointrin

Feuille de validation et suivi des modifications du concept énergétique territorial

Cette feuille faite partie intégrante du CET validé

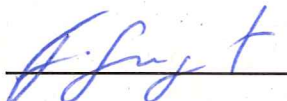
CET 2014-07 associé au PLQ Batelle

Commentaires de l'OCEN

- Le CET PLQ Batelle fait apparaître des opportunités hors du périmètre strict du PLQ. Il conviendra aux acteurs impactés par cette proposition de s'organiser afin de discuter de cette opportunité.

Bon pour validation:

Date: 19.9.2014

Visa: 

Fabrice Guignet
Adjoint scientifique

4

Table des matières

1	Résumé.....	1
2	Introduction.....	2
3	Mise en contexte.....	3
3.1	Situation géographique et urbaine du territoire.....	3
3.2	Contexte foncier	4
3.3	Acteurs en présence et phasages de développement dans le PLQ.....	5
3.4	Projets et études énergétiques dans un périmètre élargi.....	6
3.5	Choix des périmètres.....	7
3.6	Contexte énergétique et environnemental.....	7
3.6.1	Energie.....	7
3.6.2	Air	7
3.6.3	Bruit	8
3.7	Objectifs du concept énergétique	9
4	Ressources et filières renouvelables, locales et régionales	10
4.1	Géothermie	10
4.1.1	Basse profondeur	10
4.1.2	Moyenne et grande profondeur.....	11
4.2	Bois énergie	11
4.3	Solaire.....	12
4.4	Eaux usées	12
4.5	Déchets.....	12
4.6	Rejets thermiques	12
4.7	Aérothermie	12
5	Infrastructures énergétiques disponibles ou en développement.....	13
5.1	Infrastructures existantes.....	13
5.2	Infrastructures à venir	14
6	Synthèse Intermédiaire, choix d'un périmètre d'étude	15
7	Structure quantitative des besoins énergétiques	16
8	Stratégie de valorisation du potentiel énergétique local.....	20
8.1	Axes de développement des ressources et des réseaux.....	20
8.2	Opportunités et contraintes de valorisation des ressources et des réseaux.....	20
8.3	Options d'approvisionnement retenues pour le périmètre d'étude	21

9	Mise en œuvre des options d’approvisionnement pour le PLQ et le périmètre d’étude	22
9.1	Concepts d’approvisionnement par bâtiment	22
9.2	Interconnexion avec le réseau CAD-Battelle	22
9.3	Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs.....	24
10	Synthèse des orientations et des recommandations pour les acteurs concernés.....	25
11	Annexes	26
11.1	Ratios de besoins énergétiques appliqués	26
12	Références	27

Tableaux

<i>Tableau 1 : acteurs.....</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 2 : caractéristiques et potentiel de la nappe superficielle de Carouge La Praille – d’après Référence 5.</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 3 : besoins cumulés selon l’extension du CAD et densité énergétique.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 4 : interconnexion au CAD Battelle – paramètres dimensionnels principaux.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 5 : ratios de consommation en énergie finale appliqués</i>	<i>26</i>

Figures

<i>Figure 1 : Situation et programme du PLQ (en rouge nouvelles constructions prévues ou en cours)</i>	<i>2</i>
<i>Figure 2 : contexte urbain du PLQ</i>	<i>4</i>
<i>Figure 3 : parcellaire.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure 4 : immissions de NO2 – moyenne de 2006 à 2013 –source SITG</i>	<i>8</i>
<i>Figure 5 : carte de sensibilité au bruit</i>	<i>9</i>
<i>Figure 6 : ressources géothermique basse profondeur</i>	<i>10</i>
<i>Figure 7 : infrastructures énergétiques</i>	<i>13</i>
<i>Figure 8 : périmètre d’étude.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 9 : zones de calcul des besoins énergétiques</i>	<i>16</i>
<i>Figure 10 : besoins énergétiques (minergie)</i>	<i>17</i>
<i>Figure 11 : besoins énergétiques (minergie-P)</i>	<i>17</i>
<i>Figure 12 : Besoins en puissance thermique (minergie).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 13 : Besoins en puissance thermique (minergie-P).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 14 : Interconnexion avec le réseau CAD-Battelle.....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 15 : synoptique centrale technique pour interconnexion au CAD-Battelle.....</i>	<i>23</i>

1 Résumé

Le PLQ Battelle, actuellement en cours d'élaboration, se situe sur le territoire de la commune de Carouge et englobe un périmètre compris entre la route de Drize, le chemin de Pinchat et le chemin vert. Ce PLQ prévoit quelques constructions supplémentaires dans l'institut universitaire qui sont d'ores et déjà prévues pour être raccordées au réseau de CAD-Battelle actuellement alimenté au gaz. Le PLQ en lui-même ne présente donc aucune opportunité pour le développement de nouvelles infrastructures. Toutefois, l'assainissement des bâtiments de l'institut Battelle représente un important gisement d'économie d'énergie finale estimé à 1 GWh annuel. Afin d'envisager le développement d'infrastructures, dont pourrait bénéficier le PLQ, il est nécessaire d'élargir son périmètre à deux secteurs limitrophes : la parcelle de l'université qui fera l'objet d'un concours d'architectes (environ 52'000 m² à bâtir) ainsi que le PLQ du rondau de Carouge.

Les ressources dont le PLQ pourrait bénéficier sont la géothermie très basse profondeur (corbeilles implantées à moins de 5 m de profondeur sans empiètement sur la nappe phréatique), la récupération de chaleur sur les eaux usées, l'aérothermie et l'énergie solaire. Les besoins thermiques sur le périmètre du PLQ ainsi que les deux secteurs limitrophes (parcelles université + rondau) sont principalement du chaud, le froid restant très marginal.

On propose d'utiliser les futures constructions envisagées sur la grande parcelle de l'université pour créer une centrale de production de chaleur qui valoriserait au mieux des ressources thermiques locales (solaire, aérothermie, eaux usées) via des pompes à chaleur. A partir de cette centrale, un réseau de chaleur à basse température pourrait venir s'interconnecter avec le CAD-Battelle, convertissant en partie celui-ci aux énergies renouvelables, mais aussi alimenter des bâtiments résidentiels récents (notamment le quartier de la tambourine).

Afin de lever les incertitudes existantes sur l'opportunité de réalisation de cette infrastructure, il serait souhaitable d'engager une étude de faisabilité technico-économique, permettant de définir un périmètre pertinent de déploiement du réseau de chaleur, éventuellement suivi d'un appel à investisseur. Il est donc recommandé une concertation rapide entre les acteurs publics concernés (i.e. Commune de Carouge, Université et Etat) afin de prendre position sur ce sujet.

2 Introduction

Un PLQ dans le secteur Battelle-Tambourine est actuellement en cours d'élaboration. Il se situe sur le territoire de la commune de Carouge et englobe un périmètre compris entre la route de Drize, le chemin de Pinchat et le chemin vert. On y trouve principalement, l'institut universitaire Battelle, le quartier résidentiel de la Tambourine, un secteur abritant un espace de vie enfantine (EVE) et une maison de quartier (MQ), ainsi que le parc arboré de Battelle.

L'objet de ce PLQ est principalement de redéfinir l'organisation des espaces non bâtis (cheminement piétons, aires de jeux, espaces naturels ...) ; le programme de construction est relativement limité et concerne uniquement la zone universitaire : un bâtiment de liaison en R+1 d'environ 2600 m², un espace bistrot et petits commerces (environ 2'100 m²) et l'éventualité de la création d'un espace en sous-sol pour l'aménagement de salles de conférences. A noter également qu'un nouveau bâtiment universitaire pour la HEG (d'environ 10'000 m²) est actuellement en cours de construction (Figure 1).

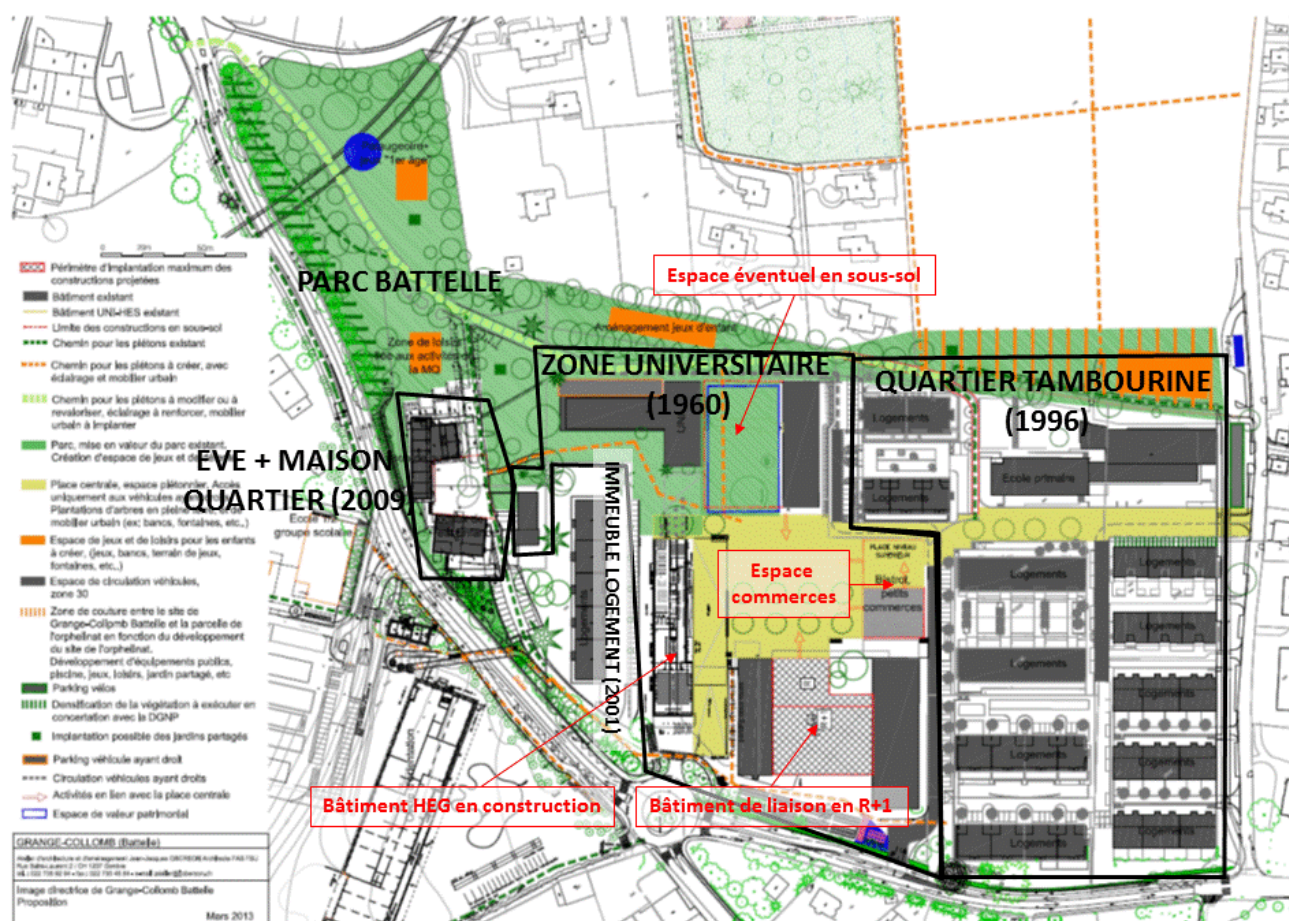


Figure 1 : Situation et programme du PLQ (en rouge nouvelles constructions prévues ou en cours)

Un concept énergétique territorial est présenté dans ce rapport, conformément à la directive de l'OCEN relative à la nouvelle loi sur l'énergie (LEn L 230) et à son règlement d'application.

3 Mise en contexte

3.1 Situation géographique et urbaine du territoire

Ce CET s'inscrit dans le périmètre plus large du secteur Carouge Sud qui a déjà fait l'objet d'une étude d'orientation énergétique (CET 2011-11). Ce secteur, plutôt fragmenté, est marqué par le relief de la colline de Pinchat. On y trouve des zones résidentielles denses et plutôt récentes, jouxtant des zones villas plus anciennes ; il est également marqué par la présence d'institutions scolaires et universitaires (Centre Batelle principalement, mais aussi collège de Staël, cycle d'orientation de Drize, Ecole de la tambourine, Cycle d'orientation de Pinchat). Ce secteur a connu plusieurs développements très récents (construction d'immeubles de logement principalement), et des projets de construction y sont cours ou à l'étude. En continuité avec le PLQ Batelle on note (Figure 2) :

- le PLQ du rondau de Carouge dont le CET (no 2013-03) fait le lien avec la zone Battelle. Un bâtiment (Hôtel) prévu dans le cadre de ce PLQ est actuellement en cours d'autorisation.
- Le PLQ des moraines (CET 2010-02) qui est en cours de réalisation avec trois bâtiments en chantier.
- La parcelle de l'université qui doit faire l'objet d'un concours d'architecte dont le cahier des charges prévoit, la création de logements résidentiels et étudiants, des équipements sportifs et quelques petites activités et commerces (le tout pour une surface d'environ 52'000 m²).
- Plusieurs bâtiments très récents (construits après 2009)
- Des zones villas dont une densification pourrait s'envisager mais à très long terme
- Deux bâtiments en projets ou en cours de construction, le long de la route de Saint-Julien, ainsi qu'un autre sur une parcelle appartenant à une fondation privée à but social.

Au nord de ce périmètre Carouge sud, on trouve des zones urbanisées de la ville de Carouge, avec notamment :

- Le grand projet Praille-Acacias-Vernets (plus particulièrement son secteur Praille-Est), qui constitue un enjeu majeur pour Genève puisqu'il s'agit d'une vaste opération de renouvellement urbain qui vise à la création de 6000 logements et 20'000 emplois supplémentaires. Un CET (no 2012-14) a été réalisé pour ce périmètre
- Le secteur des tours de Carouge, zone d'habitat dense.
- Le vieux-carouge, dont le bâti est protégé.
- Le secteur Carouge Est constitué à la fois de logement et d'activités artisanales et commerciales. Ce secteur est amené à évoluer fortement dans les prochaines années avec de nombreux programmes de renouvellement urbain en cours (tunnel, ilot des menuisiers, théâtre, moraines).

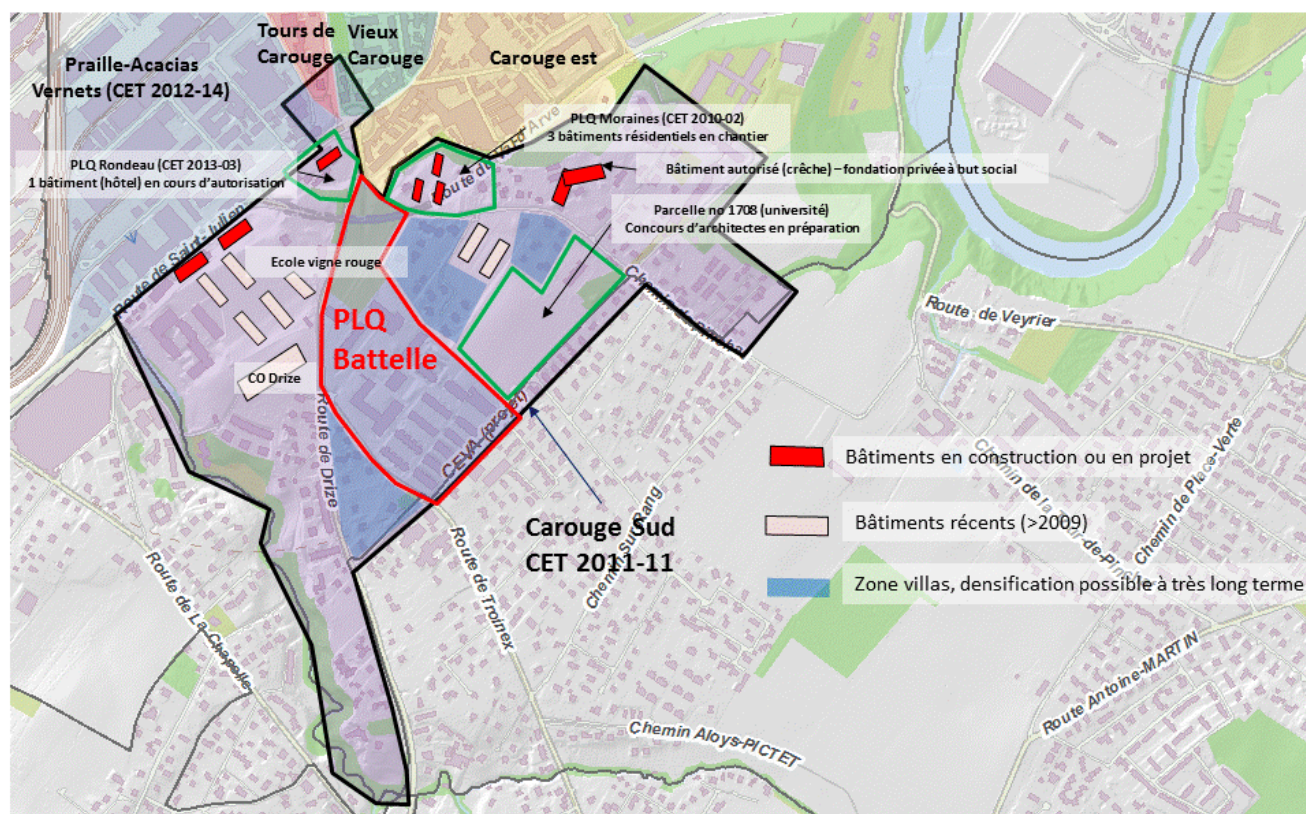


Figure 2 : contexte urbain du PLQ

3.2 Contexte foncier

La Figure 3 donne un aperçu de l'état de propriété des parcelles dans le périmètre du PLQ et dans un périmètre élargi recoupant les différents secteurs évoqués précédemment. Toutes les zones non colorées sont des propriétés privées diverses (individuelles, sociétés).

En ce qui concerne le PLQ, on observe trois catégories principales de propriété : état de Genève (institut universitaire Battelle et logements), commune de Carouge (EVE, MQ, école tambourine) et caisses de prévoyance (logements).

On note la grande parcelle (n° 1708), à proximité du PLQ, qui est propriété de la fondation immobilière de la ville de Carouge et de l'université.

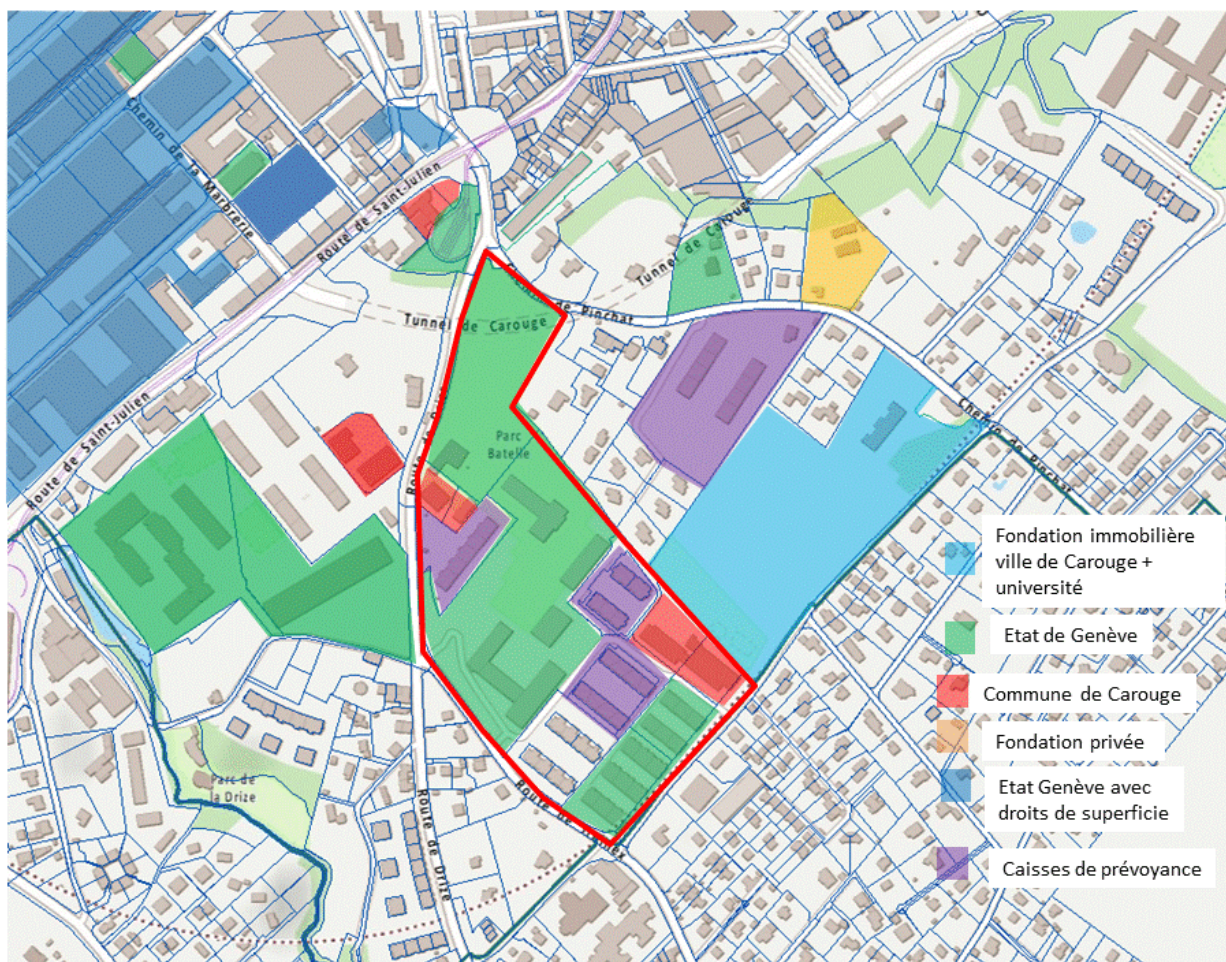


Figure 3 : parcellaire.

3.3 Acteurs en présence et phasages de développement dans le PLQ

Les deux principaux acteurs du développement du PLQ sont donc publics : la commune de Carouge et l'état de Genève.

En considérant un périmètre élargi autour du PLQ, on peut pressentir quels acteurs pourraient être partie prenante si une infrastructure énergétique devait se mettre en place :

- La commune de Carouge et l'état de Genève
- L'université
- Régies pour les bâtiments de logements situés à proximité
- Dans une moindre mesure, les propriétaires privés (peu nombreux dans le périmètre) et la HES qui devrait construire le bâtiment de liaison en R+1.

Les objectifs, contraintes, opportunités et horizons temporels des différents acteurs identifiés ci-dessus sont résumés dans le Tableau 1.

Acteurs	Objectifs	Opportunités	Contraintes	horizon temporel
Etat de Genève	Réalisation des bâtiments et aménagements prévus au mieux des intérêts de la collectivité	Promotion de solutions correspondant à la politique énergétique du canton	budgétaires	Court/Moyen terme
Privés/Régies	Rentabilité économique	Gains financier, promotion de l'image en cas de réalisation d'un projet durable sur le plan énergétique	Investissement, rentabilité	Long terme
Commune de Carouge	Réalisation du PLQ dans les conditions les plus favorables à la commune	Réalisation de projets favorables au développement de la commune, gains économiques	budgétaires	Moyen terme
Université	- Adoption du PLQ - Réalisation du programme de construction envisagée sur la parcelle 1708	Promotion de solutions correspondant à la politique énergétique du canton, réalisation de projets favorables à l'institution universitaire	budgétaires	Court/Moyen terme

Tableau 1 : acteurs

En ce qui concerne les phasages de développement en termes de programme immobilier, la situation est assez simple :

- Phase 1 : terminer le chantier pour la HEG (fin 2015 en principe)
- Phase 2 : réalisation des quelques constructions supplémentaires prévues dans l'institut Battelle (horizon 2018-2020)

3.4 Projets et études énergétiques dans un périmètre élargi

On donne ici un aperçu des projets recensés dans un périmètre élargi, ainsi que des études énergétiques réalisées (voir Figure 2).

Projets en cours ou en développement :

- Parcelle de l'université : des projets à court/moyen terme (5 à 10 ans) de construction de nouveaux bâtiments universitaires dans le cadre du concours d'architectes évoqué précédemment.
- PLQ Moraines : 3 bâtiments en chantier avec, déjà prévu, un approvisionnement gaz + panneaux solaire.
- Parcelle de la fondation privée : 1 bâtiment (crèche + logements étudiants) en chantier avec approvisionnement PAC air/eau + gaz + panneaux solaires.
- Un bâtiment (Hôtel) en cours d'autorisation sur le PLQ du rondau de Carouge avec approvisionnement PAC air/eau + panneaux solaires.
- Deux bâtiments en chantier le long de la route de Saint-Julien (6000 m² résidentiel, 11'000 m² activités) avec approvisionnement gaz ou PAC et récupération sur eaux usées.
- Le bâtiment de la HEG qui sera relié au réseau de Chaleur à Distance (CAD) de l'institut Battelle.

Etudes énergétiques réalisées

- Une étude d'orientation énergétique du secteur carouge sud (Référence 1)

- Le CET du PLQ rondeau de carouge (Référence 2)
- Le CET du PDQPAV (Référence 3) qui reprend toutes les études et concepts déjà réalisés dans ce secteur à fort enjeu.
- Une étude énergétique stratégique pour les secteurs tours de carouge, vieux-carouge et carouge-Est (Référence 4).

3.5 Choix des périmètres

Au vue de ce qui précède, on appréhendera deux périmètres au cours de l'élaboration de ce CET:

- Un périmètre élargi (selon la Figure 2), utilisé pour ne pas perdre de vue le contexte général et pour analyser la présence des ressources locales et réseaux d'énergie.
- Un périmètre d'étude qui sera défini ultérieurement. Dans celui-ci, on déterminera les besoins et on articulera des stratégies d'approvisionnement pour le PLQ et son environnement.

3.6 Contexte énergétique et environnemental

3.6.1 Energie

Le périmètre élargi est largement couvert par le réseau de gaz, mais aussi par de nombreuses installations au mazout, ainsi que, naturellement, par le réseau électrique.

On trouve également des réseaux locaux de chauffage à distance, principalement dans l'institut Battelle ; à noter que tous les futurs bâtiments à construire pour le PLQ, y compris la HEG, seront raccordés à ce réseau.

Un nombre significatifs de toits sont équipés de panneaux solaires thermiques.

3.6.2 Air

La carte des immissions de dioxyde d'azote (Figure 4) montre des valeurs moyennes dans le secteur du PLQ au-dessous de la limite OPair qui est de $30\mu\text{g}/\text{m}^3$, mais toutefois en continuité avec la zone de carouge nord dans laquelle la limite OPair est dépassée.

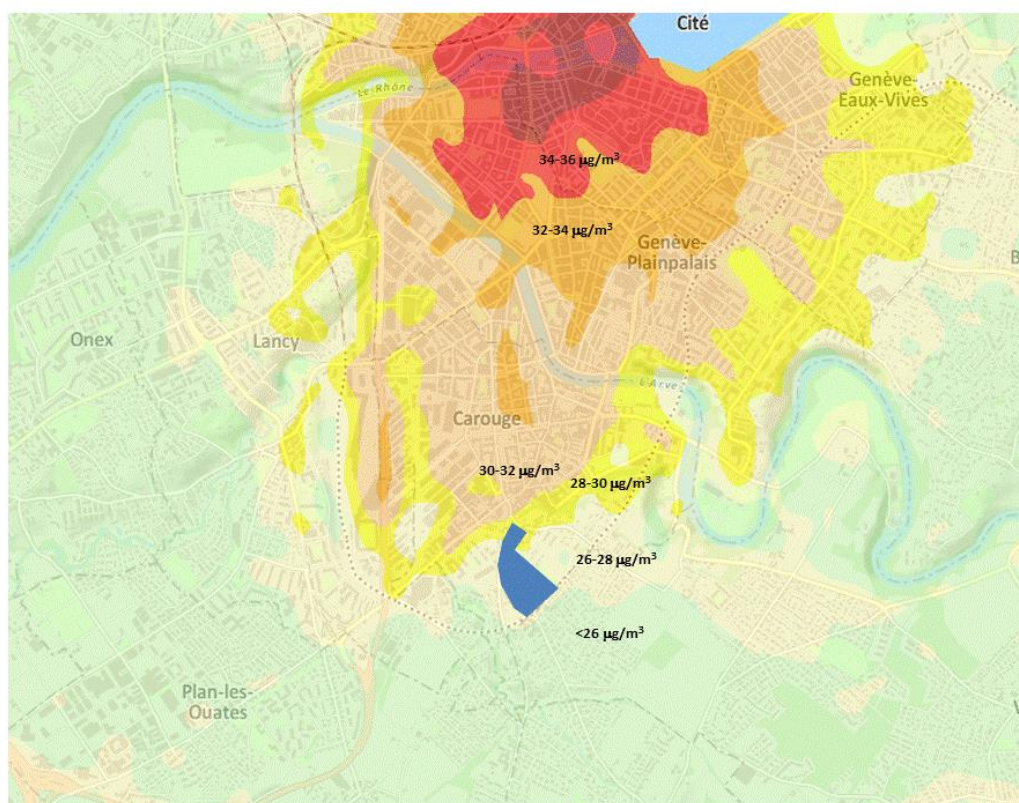


Figure 4 : immissions de NO2 – moyenne de 2006 à 2013 –source SITG

3.6.3 Bruit

Le PLQ se situe dans une zone de sensibilité au bruit DSII lié au contexte peu densément urbanisé de la colline de Pinchat (Figure 5).

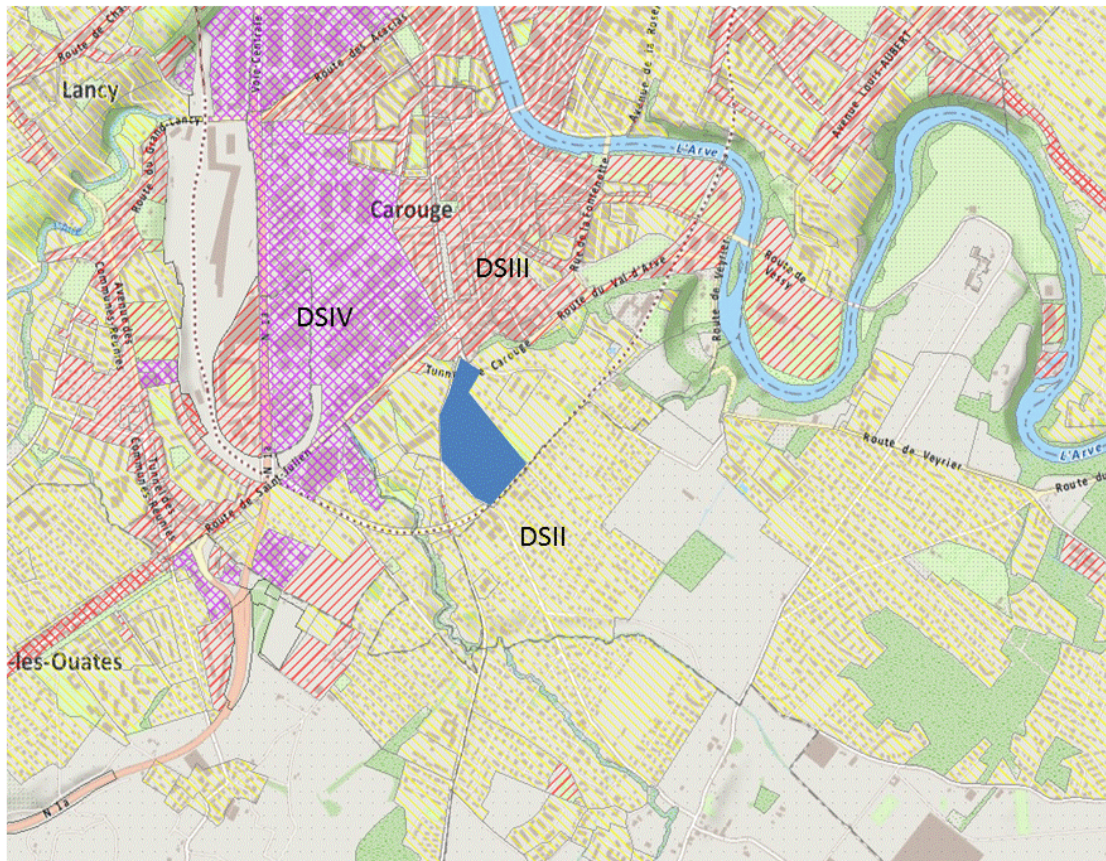


Figure 5 : carte de sensibilité au bruit

3.7 Objectifs du concept énergétique

L'objectif du concept énergétique est de définir, en amont de l'opération d'aménagement, des orientations à court et long terme sur des solutions d'approvisionnements permettant notamment :

- Une valorisation aussi large possible des ressources renouvelables locales
- La mise en œuvre de techniques privilégiant l'efficacité énergétique
- La description des infrastructures à prévoir en termes d'implantation et de contrainte spatiale
- La mise en évidence des acteurs impliqués et des contraintes temporelles pour la mise en œuvre des solutions proposées.
- La maîtrise de la demande énergétique.

4 Ressources et filières renouvelables, locales et régionales

4.1 Géothermie

4.1.1 Basse profondeur

Du point de vue de l'utilisation de la géothermie basse profondeur, l'état des lieux dans un périmètre élargi (voir Figure 6) amène les éléments suivants :

- La limite de la zone interdite pour l'implantation de sondes géothermiques se trouve au nord du PLQ. La mise en œuvre de champs de capteurs terrestres verticaux n'y est donc pas possible.
- Le PLQ se situe à la limite de la nappe superficielle Carouge-La Praille recensée comme ressource géothermique potentielle (Référence 5).

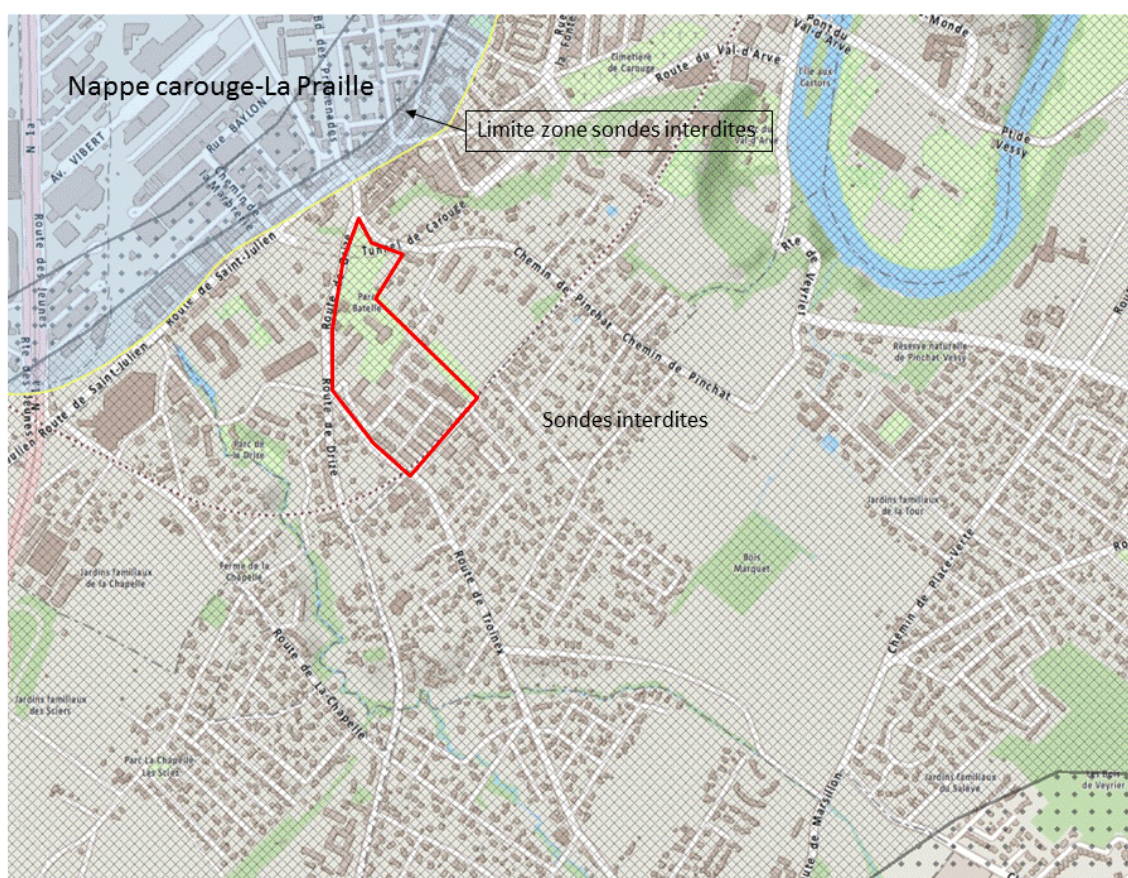


Figure 6 : ressources géothermique basse profondeur

Selon les éléments précédents, le potentiel de la géothermie basse profondeur peut s'envisager selon deux modes de valorisation :

- La mise en œuvre de corbeilles géothermiques ne nécessite pas de forage profond et n'est donc pas soumise aux problèmes de pollution de la nappe phréatique. Une corbeille est formée d'un tube en polyéthylène enroulé sur une longueur d'environ 50 m de façon à former un cylindre ou un cône de 1 à 2,5 m de hauteur et de 0,5 à 2 m de diamètre. Les corbeilles sont enterrées à une profondeur d'environ 4 m et raccordées en réseau à des

pompes à chaleur. La puissance thermique extraite par une corbeille varie de 0,5 à 1,8 kW. La distance à respecter entre deux corbeilles est d'environ 4 m, soit une emprise au sol de 16 m² par corbeille¹.

- L'utilisation de l'eau de la nappe superficielle Carouge-La Praille comme source de température pour le chauffage par PAC ou le rafraîchissement direct. Le Tableau 2 donne les caractéristiques principales et le potentiel thermique de la nappe superficielle Carouge-La Praille. Etant donné qu'il s'agit d'un réservoir en écoulement, la source de température est toujours disponible, on peut donc considérer qu'il s'agit d'un potentiel chaud ou froid. On constate cependant que le potentiel est à la fois limité et très fluctuant selon la perméabilité rencontrée du terrain ; cette ressource n'est donc pas à privilégier.

puissance thermique exploitable selon la surface de la nappe	1,43			W/m ²
Perméabilité moyenne	5.E-04	à	1.E-03	m/s
Epaisseur de la nappe	1	à	10	m
Débit théorique avec 20% de rabattement	20	à	800	litre/min
puissance thermique extraite avec un $\Delta T=3$ K (chaud ou froid)	4.2	à	167.2	kW

Tableau 2 : caractéristiques et potentiel de la nappe superficielle de Carouge La Praille – d'après Référence 5

4.1.2 Moyenne et grande profondeur

Aucune infrastructure utilisant cette technologie n'est encore planifiée. Toutefois, une stratégie systématique de qualification du potentiel géothermique à moyenne et grande profondeur (>2000 m) est en train de se mettre en place à l'échelle du canton en utilisant toutes les sources de données géologiques à disposition ainsi que des moyens de mesure géophysiques (Programme Géothermie 2020). L'objectif est de déterminer plusieurs zones de forages exploratoires ayant des chances d'aboutir avec succès.

Par ailleurs une pré-étude a identifié (Référence 6) les zones du secteur PAV qui seraient les plus appropriées pour des installations de géothermie utilisant la chaleur d'aquifères profonds où la technique des roches sèches fissurées.

La géothermie grande et moyenne profondeur est donc à envisager comme ressource de substitution éventuelle sur le long terme, pour l'approvisionnement du périmètre du PLQ.

4.2 Bois énergie

L'emploi du bois-énergie est envisageable, car des filières, pouvant approvisionner les besoins des bâtiments prévus dans le PLQ, existent :

- Filière de recyclage de déchets de bois industriels (scierie, menuiserie ...) avec un combustible sous forme de granulés ou de pellets.
- Filière d'exploitations forestières avec un combustible sous forme de plaquettes (ou éventuellement de bûches). Il faut toutefois noter que pour cette filière, le potentiel des forêts du canton est actuellement saturé, donc une provenance, principalement de France voisine, voire du canton de Vaud est à considérer.

¹ Source : www.geothermie.ch

Toutefois, le secteur étant critique par rapport à son niveau de pollution (cf 3.6.2), l'installation de chaudière au bois n'est pas à privilégier.

4.3 Solaire

Etant donné la nature des constructions prévues (bâtiment en R+1 ombragé, bâtiment en sous-sol, petite construction pour bistrot/commerce encore à définir) le potentiel d'utilisation de panneaux solaires sur les toits est négligeable voire inexistant.

4.4 Eaux usées

La récupération de chaleur sur les collecteurs d'eaux usées situés dans le périmètre élargi n'est pas une solution facile à mettre en œuvre, sauf si l'on est dans une situation où une nouvelle installation d'évacuation, avec une capacité suffisante doit être installée.

4.5 Déchets

Les déchets verts produit sur la surface du PLQ (parcs jardins, sont très limités). En tout état de cause, ces déchets rentrent dans des filières de récupération à l'échelle du canton² et ne peuvent pas être considérés comme des ressources valorisables directement dans une infrastructure dédiée pour le PLQ.

4.6 Rejets thermiques

Aucun rejet thermique significatif n'a été identifié dans un périmètre élargi.

4.7 Aérothermie

L'utilisation de l'air comme source de chaleur dans des PAC est une ressource à envisager étant donné les contraintes liées à l'utilisation de la géothermie.

² Par exemple usine du Nant de Châtillon ou projet pôle bio dans la zone du bois de Bay.

5 Infrastructures énergétiques disponibles ou en développement

5.1 Infrastructures existantes

Les infrastructures énergétiques existantes dans le périmètre élargi sont (Figure 7):

- Le réseau électrique (large couverture)
- Le réseau de gaz (large couverture)
- Dans l'institut Battelle, un réseau de CAD³ haute température, alimenté par deux nouvelles chaudières au gaz (1400 kW et 625 kW), distribue la chaleur dans les bâtiments actuels et est également prévu pour alimenter les futurs bâtiments (notamment celui de la HEG en construction) ; Ce réseau est développé sous maîtrise d'ouvrage de l'état.
- La construction du cycle d'orientation de Drize en 2009 a été l'occasion d'installer une conduite de chaleur à distance à partir de la chaufferie du Collège de Staël renouvelée en 2001 et équipée de trois chaudières de 530 kW, 1000 kW et 40 kW.



Figure 7 : infrastructures énergétiques

Les réseaux de CAD identifiés plus haut ne présentent pas, au stade actuel, de potentiel au-delà de leur périmètre d'extension, sauf si une augmentation de leur capacité était envisagée par l'interconnexion avec une nouvelle centrale de production.

³ Chaleur A Distance

5.2 Infrastructures à venir

Les premières études menées par le groupe de planification énergétique PAVENE ont montré un fort potentiel des filières utilisant notamment la géothermie haute et basse enthalpie, ainsi que des techniques de Couplage Chaleur Force. Selon la Référence 7, l'emploi de ces filières pourrait faire apparaître un surplus d'énergie, pour la fourniture de chaleur, dont pourrait bénéficier les quartiers environnant. Ce surplus peut varier de 90 à 500 GWh selon les standards de construction et mesures d'efficacité énergétique envisagés pour le secteur PAV. Toutefois le CET du PDQ PAV (Référence 3) ne prévoit pas, dans ses orientations, de faire bénéficier de ces surplus le secteur Carouge sud (et donc le PLQ Battelle), mais plutôt d'autres secteurs situés au nord de la route de Saint-Julien.

6 Synthèse Intermédiaire, choix d'un périmètre d'étude

Le PLQ présente en lui-même très peu de développement qui justifie d'élaborer une orientation énergétique (en effet les nouvelles constructions sont peu importantes et il est déjà prévu de les raccorder au réseau CAD-Battelle). En revanche on trouve à sa proximité immédiate deux secteurs qui vont connaître des développements à venir, à savoir, la parcelle de l'université et le rond-point de Carouge).

Le périmètre d'étude (Figure 8) englobera donc le PLQ Batelle, le PLQ rondeau de Carouge et la parcelle de l'université.

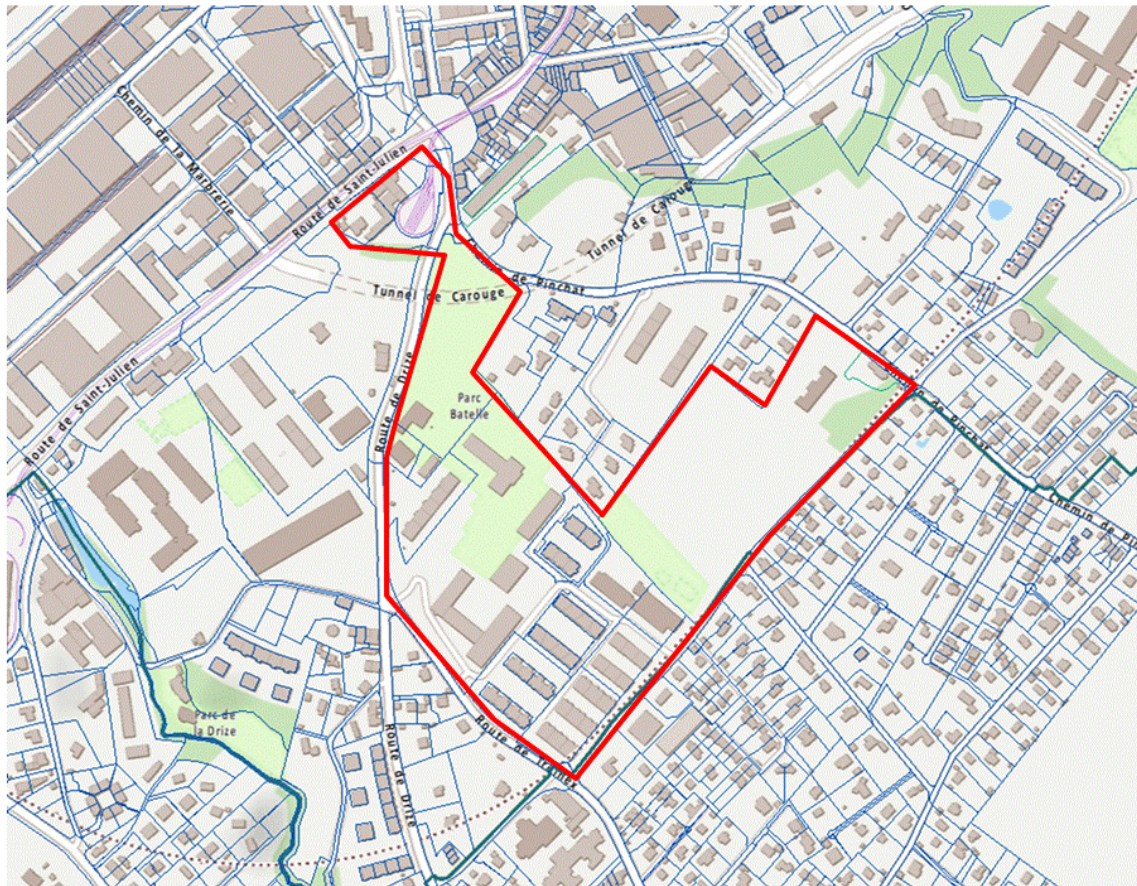


Figure 8 : périmètre d'étude

7 Structure quantitative des besoins énergétiques

La structure des besoins en énergie finale est présentée en décomposant le périmètre d'étude en différentes zones (Figure 9).

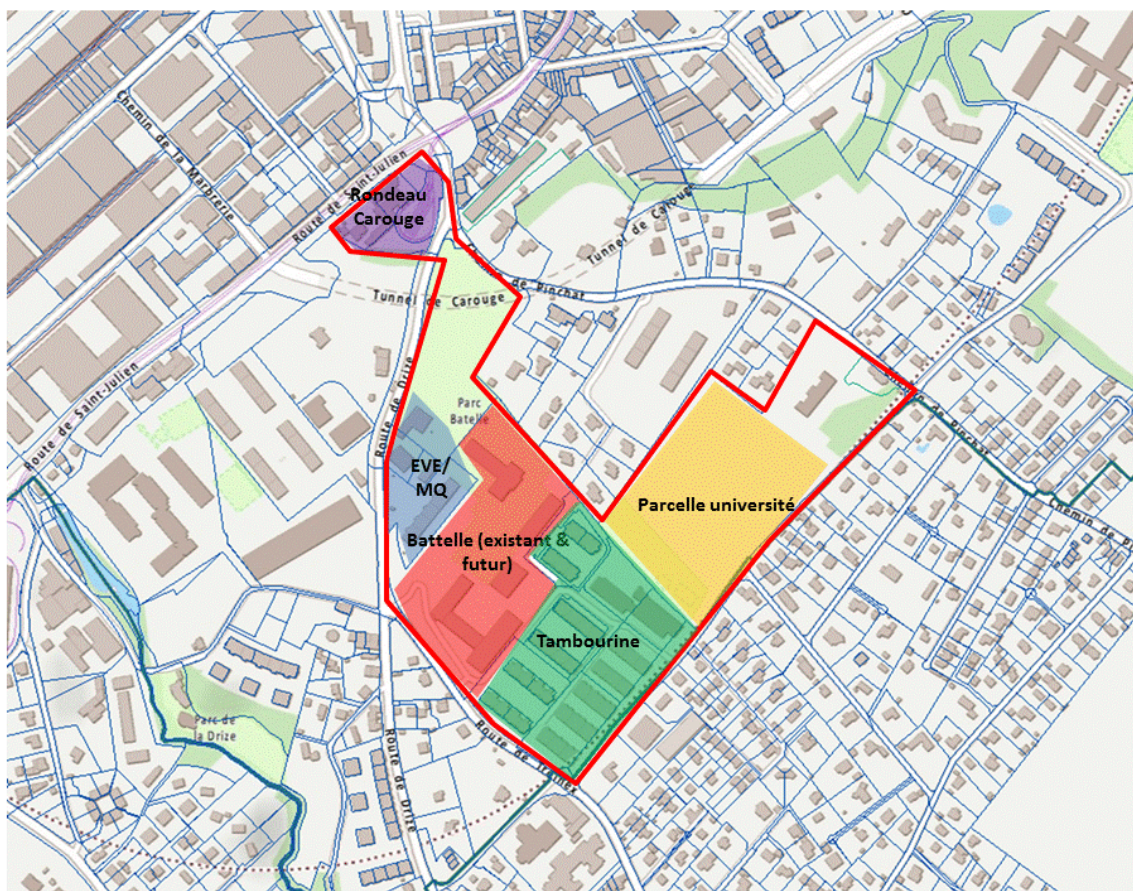


Figure 9 : zones de calcul des besoins énergétiques

La quantification des besoins pour le bâti futur est faite sur les bases et hypothèses suivantes (voir détail des ratios appliqués en annexe - Tableau 5) :

- On considère deux standards de construction possibles (Minergie désormais minimum légal et Minergie-P) appliqués selon les valeurs limites d'exigence primaire par rapport à la norme SIA 380/1. On rajoute toutefois un facteur de surconsommation de 20% qui semble être une moyenne statistique observée.
- Les puissances thermiques spécifiques sont calculées à partir des besoins en chauffage annuels en supposant un temps de fonctionnement à pleine charge de 1300 heures par an.
- On suppose des besoins en froid pour les nouveaux bâtiments universitaires à construire ainsi que pour les petits commerces et équipements sportifs prévus sur la parcelle de l'université. La base de calcul est 30 W/m^2 et 500 h/an à pleine charge. On ne fait pas de différence entre Minergie et Minergie-P.
- Les besoins électriques sont calculés sur la base d'un ratio de 40 kWh/m^2 pour le logement (moyenne observée sur les sous-secteurs statistiques) et de 60 kWh/m^2 pour les bâtiments universitaires (moyenne observée sur les relevés des bâtiments de l'institut Battelle).

La quantification des besoins du bâti existant bénéficie de relevés sur quasiment tous les bâtiments (IDC pour les logements, relevés détaillés des bâtiments de la commune de Carouge, relevés des consommations des bâtiments universitaires par les services concernés de l'état). Pour les quelques bâtiments ne disposant pas de relevés, des extrapolations sont aisées à faire. A noter qu'aucun des bâtiments existants n'a de besoins en froid.

Les Figure 10 et Figure 11 donnent une représentation des besoins énergétiques sous forme d'histogramme selon les différentes zones indiquées sur la Figure 9. A noter que pour le rondau de Carouge, on reprend directement les valeurs du CET correspondant (Référence 2).

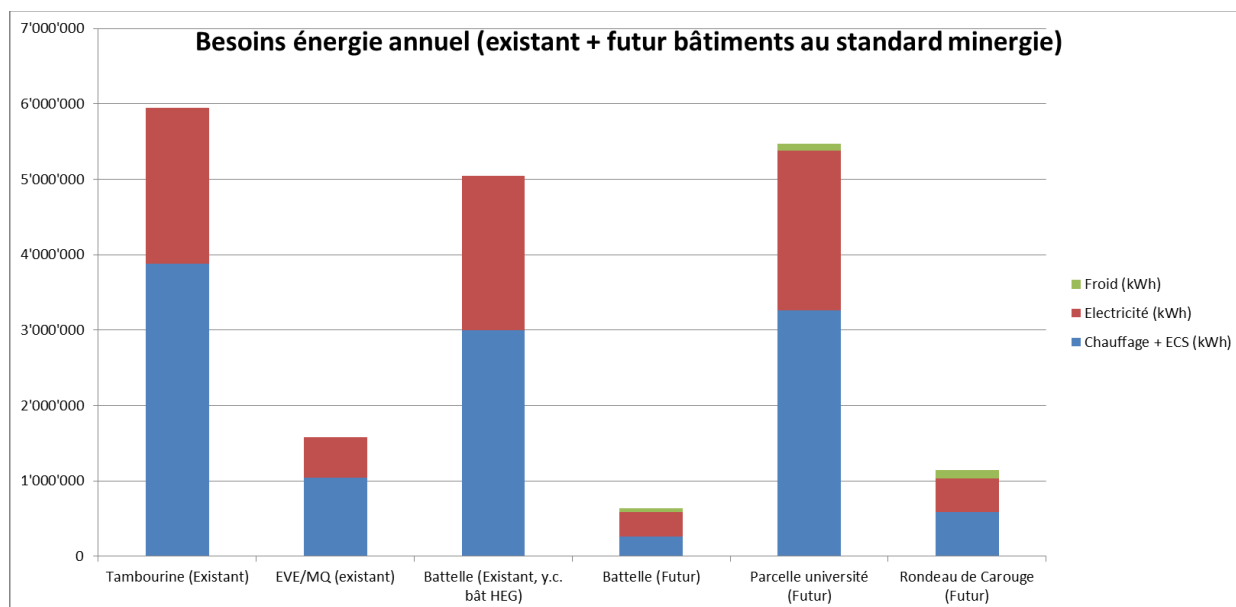


Figure 10 : besoins énergétiques (minergie)

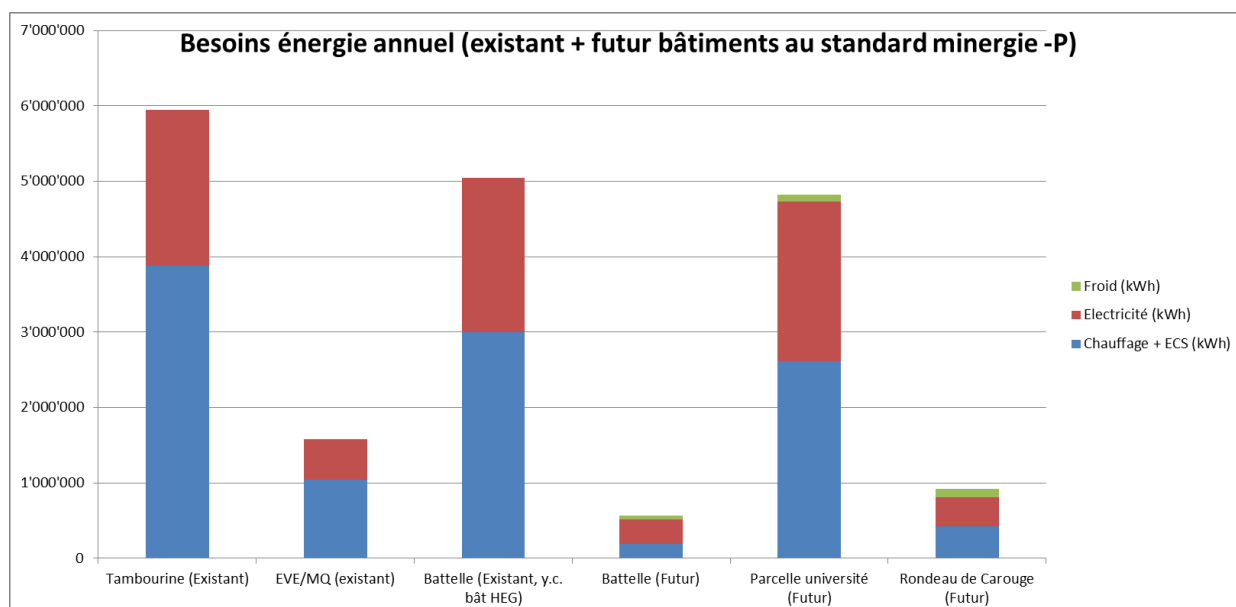


Figure 11 : besoins énergétiques (minergie-P)

Les zones du quartier de la Tambourine, de l'institut Battelle, ainsi que la parcelle de l'université représente la majorité des consommations existantes et futures. Les besoins en froid restent très

marginaux étant donnée l'affectation générale des bâtiments (logements ou bâtiments universitaires classiques).

En terme de **rénovation thermique**, seuls les bâtiments de l'institut Battelle représentent une cible intéressante, car les autres bâtiments sont plutôt récents et peu susceptibles d'une rénovation rapide. Ainsi, sur les 3 GWh de consommation thermique actuelle de l'institut Battelle, on pourrait, en première approximation, trouver un **gisement d'économie d'énergie de l'ordre de 1 GWh** (réduction de la consommation d'un tiers) si l'on tient compte de leur âge de leur consommation actuelle (environ 140 kWh/m²).

Les Figure 12 et Figure 13 donnent une représentation des besoins, en termes de puissance thermique, sous forme d'histogrammes selon les différentes zones indiquées sur la Figure 9. A noter que pour le rondau de Carouge, on reprend directement les valeurs du CET correspondant (Référence 2).

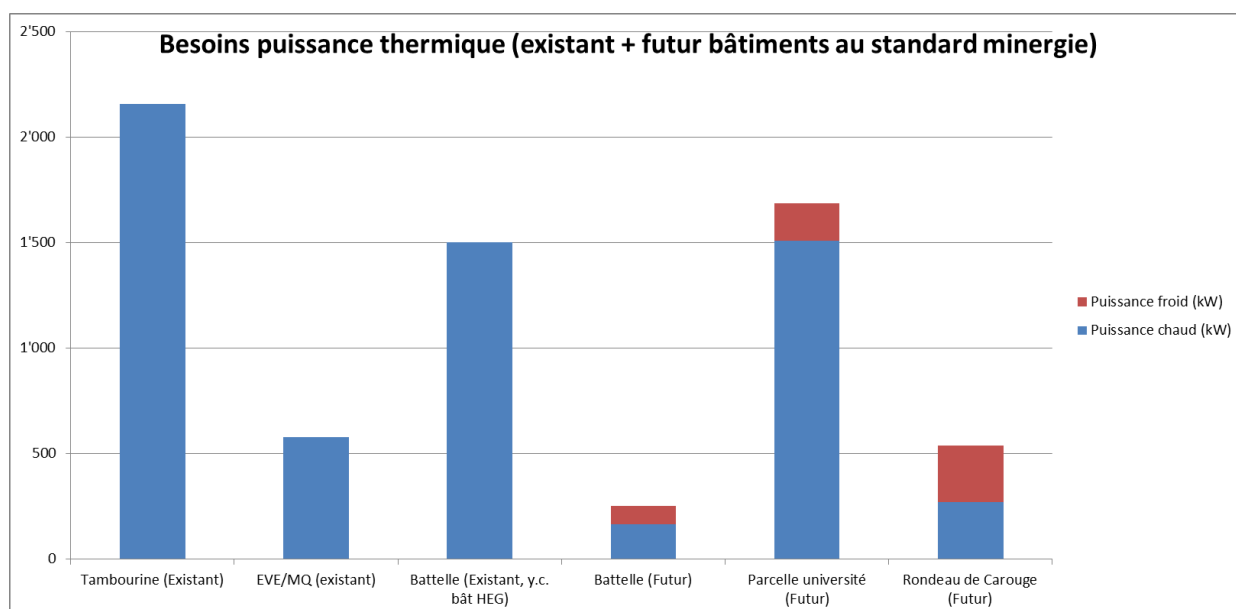


Figure 12 : Besoins en puissance thermique (minergie)

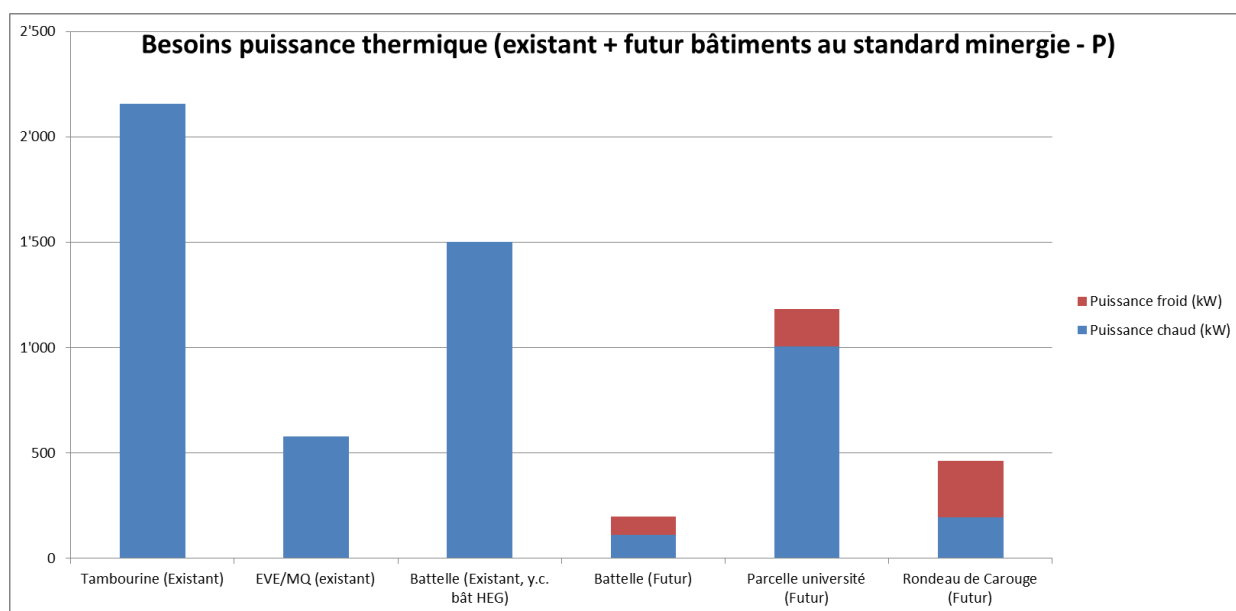


Figure 13 : Besoins en puissance thermique (minergie-P)

8 Stratégie de valorisation du potentiel énergétique local

8.1 Axes de développement des ressources et des réseaux

Il ressort, des analyses effectuées plus haut, deux axes principaux :

- D'une part, il est possible de valoriser sur place un certain nombre de filières locales, afin de satisfaire tout ou partie des besoins, selon les bâtiments concernés (corbeilles géothermiques, solaire, aérothermie, éventuellement eaux usées).
- D'autre part, le réseau de CAD, déployé dans l'institut Battelle, est actuellement alimenté par une énergie fossile, mais on pourrait imaginer dans le futur qu'il soit interconnecté à une autre station de production, située dans le périmètre d'étude, qui pourrait apporter une part, aussi importante que possible, d'énergie renouvelable.

8.2 Opportunités et contraintes de valorisation des ressources et des réseaux

Dès lors, deux options stratégiques d'approvisionnement du périmètre d'étude sont envisageables. On en discute ci-dessous les avantages et inconvénients relatifs.

La première option consiste à mettre en œuvre des solutions d'approvisionnement indépendantes par bâtiment. Dans ce cas, l'institut Battelle, avec ses nouvelles constructions, resterait alimenté par le réseau de CAD alimenté au gaz. Les autres bâtiments du périmètre d'étude (i.e. les trois bâtiments du PLQ du rondau ainsi que le complexe prévu sur la parcelle de l'université) utiliseraient au maximum l'offre renouvelable locale. Il peut s'agir par exemple d'installations utilisant des pompes à chaleur raccordées à des corbeilles géothermiques ou bien à des échangeurs sur les eaux usées des bâtiments ; des panneaux solaires en toiture pour la fourniture de chaleur et/ou de froid par absorption ; des puits canadien Cette option présente l'avantage de pouvoir se planifier selon les programmes de construction des bâtiments, sans tenir compte de l'environnement urbain ; en revanche elle peut se heurter à des limitations pour atteindre de hauts standards énergétiques, soit par manque de ressources suffisantes, soit pour des raisons économiques (taille critique insuffisante)

La deuxième option consiste à utiliser les futurs projets de construction dans le périmètre d'étude, (notamment sur la parcelle de l'université) pour réfléchir à l'implantation d'une production de chaleur commune, valorisant au mieux les énergies renouvelables locales, et se connectant au réseau de CAD Battelle, puis à d'autres bâtiments du périmètre d'étude. La présence de nombreux bâtiments de logements, datant du milieu des années 90 (notamment dans le quartier de la tambourine) permet de cibler le développement d'un réseau à basse température (i.e. 50 à 60°C) qui soit alimenté par des pompes à chaleur (PAC); celles-ci utilisant au mieux des sources thermiques disponibles telles que l'air, le solaire, voire les eaux usées. Des chaudières d'appoint au gaz seraient probablement nécessaires pour assurer les pointes hivernales. Cette option permettrait une amélioration de l'efficacité énergétique globale à l'échelle du périmètre d'étude. En revanche, sa mise en œuvre nécessiterait une réelle collaboration entre tous les acteurs du périmètre sur le plan de la planification technique, organisationnelle et financière ainsi qu'une structure commune, avec la présence de tiers investisseurs. En ce qui concerne la production de froid, des solutions par bâtiment (là où cela est nécessaire) devraient être mise en œuvre de manière analogue à la première option ; en effet, les besoins globaux sont beaucoup trop marginaux pour imaginer un approvisionnement centralisé.

Les deux options discutées ci-dessus peuvent être complétées par l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur les surfaces de toit disponibles, sans contraintes particulières de planification.

8.3 Options d'approvisionnement retenues pour le périmètre d'étude

Au niveau du périmètre d'étude, les deux options présentées plus haut se déclinent ainsi :

1. Réalisation de concept d'approvisionnement indépendant par bâtiment
2. Interconnexion d'un réseau de CAD basse température avec le réseau CAD-Battelle à partir d'une centrale de production située dans les nouveaux bâtiments à construire sur la parcelle de l'université.

9 Mise en œuvre des options d'approvisionnement pour le PLQ et le périmètre d'étude

9.1 Concepts d'approvisionnement par bâtiment

Cette option ne présente pas de contraintes particulières du point de vue de la planification énergétique territoriale. Les concepts d’approvisionnement peuvent être développés et mis en œuvre dans la même échelle de temps que la construction des bâtiments, sans avoir à tenir compte d’un périmètre élargi.

La seule infrastructure significative à planifier serait les champs de corbeilles géothermiques, si toutefois leur implantation était retenue.

9.2 Interconnexion avec le réseau CAD-Battelle

Cette option implique la création d'une centrale de production de chaleur, utilisant des PAC, et localisée dans le complexe de bâtiments à construire dans la parcelle de l'université (concours d'architectes en préparation). Le volume à prévoir pour cette centrale est estimée à 2000 m³. Un réseau de CAD basse température pourrait se déployer à partir de cette centrale : d'abord dans la parcelle de l'université, puis vers les immeubles résidentiels de la tambourine et vers le secteur EVE/MQ, ainsi que vers la centrale de production du réseau CAD-Battelle où, une interconnexion pourrait suppléer aux chaudières au gaz en dehors des périodes de pointe (Figure 14). Une extension du réseau jusque vers le rondou de Carouge est aussi possible.

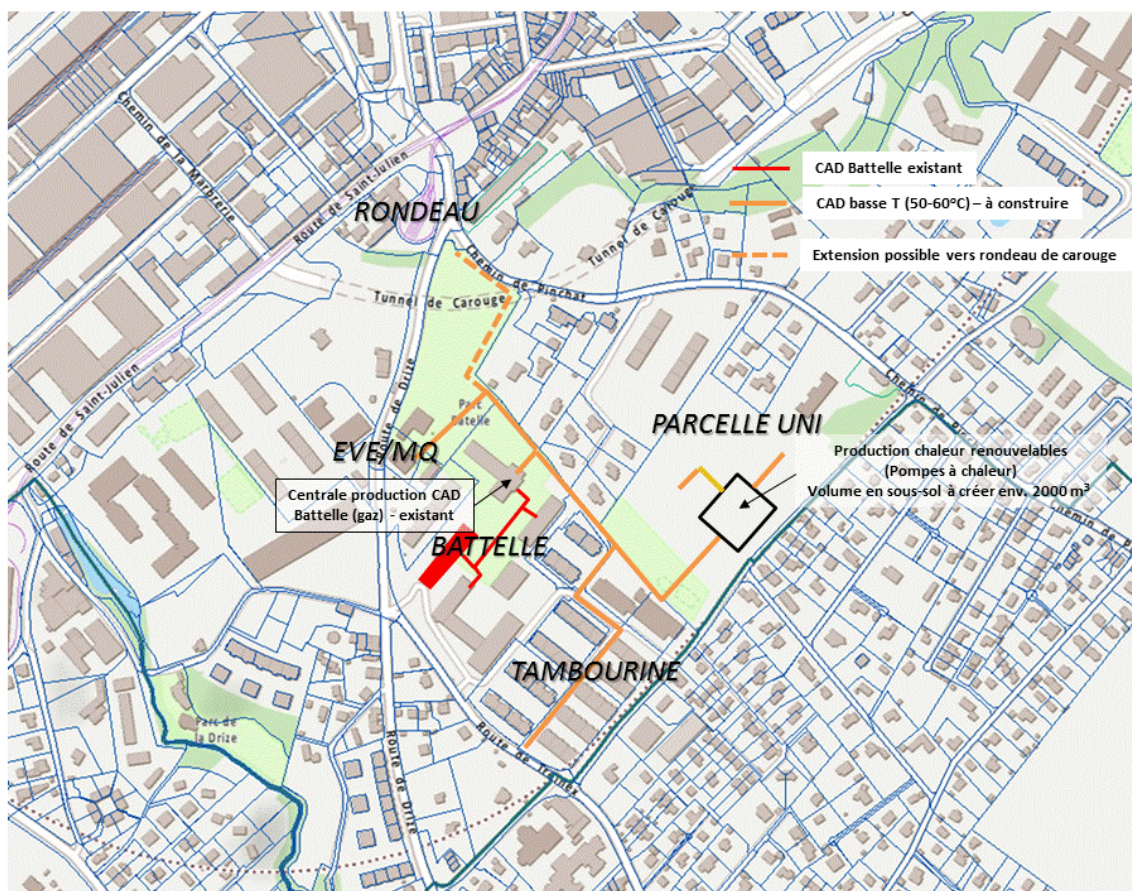


Figure 14 : Interconnexion avec le réseau CAD-Battelle

Le Tableau 3, montre l'évolution des besoins en chaleur à fournir par le réseau de CAD au fur et à mesure de son extension, ainsi que la densité de consommation de chaleur. Cette dernière se situe toujours à un bon niveau pour le déploiement d'un réseau (soit au-delà de 70 kWh/m² selon Référence 8).

	Puissance cumulée	besoin cumulé	surface de terrain cumulée	Densité de consommation de chaleur
	kW	kWh	m ²	kWh/m ²
Université	1'507	3'263'012	38'000	86
Tambourine	3'664	7'145'033	74'000	97
Battelle	5'330	10'403'988	104'000	100
EVE/MQ	5'909	11'446'072	121'000	95
Rondeau	6'178	12'030'712	136'000	88

Tableau 3 : besoins cumulés selon l'extension du CAD et densité énergétique

Le synoptique de fonctionnement de la centrale de production de chaleur est montré sur la Figure 15. La combinaison, au moyen de PAC, de différentes sources de chaleur à disposition, permettrait de satisfaire jusqu'à 70% des besoins en chaleur pour environ la moitié de la puissance de pointe (soit 3 MW), le reste serait assuré par des chaudières au gaz. On recommande notamment l'utilisation d'un stock de glace, associé à des panneaux solaires thermiques, qui permettrait d'améliorer le rendement des PAC pendant les périodes les plus froides.

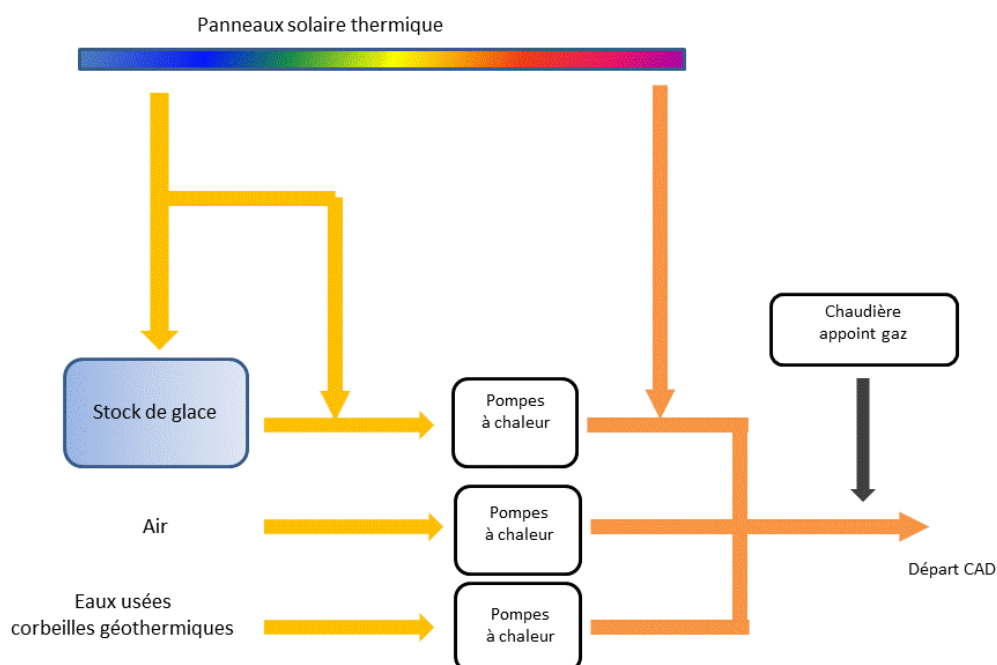


Figure 15 : synoptique centrale technique pour interconnexion au CAD-Battelle

A titre indicatif, Le Tableau 4 donne une estimation des principaux paramètres dimensionnels de l'infrastructure.

Puissance calorifique totale des PAC	3'000	kW
Puissance chaudières gaz	3'200	kW
Surface de panneaux solaires	6'000	m ²
Volume génie civil centrale de production	2'000	m ³

Tableau 4 : interconnexion au CAD Battelle – paramètres dimensionnels principaux

L'utilisation de panneaux solaire et éventuellement de la géothermie (corbeilles) et des eaux usées devrait être faite uniquement sur place, c'est-à-dire dans le périmètre de la parcelle de l'université et du concours d'architectes.

9.3 Mesures à prévoir pour les niveaux de planification inférieurs

Quel que soit la solution d'approvisionnement finalement retenue, les bâtiments et leurs installations techniques doivent être conçus de façon à pouvoir chauffer avec un bas niveau de température (<40°C) et, le cas échéant, rafraîchir avec un haut niveau de température (>15°C).

Le choix de construction des bâtiments devrait idéalement s'orienter vers un standard de type Minergie-P.

10 Synthèse des orientations et des recommandations pour les acteurs concernés

En considérant le PLQ dans ses strictes limites, aucune infrastructure énergétique particulière n'est à prévoir. En effet, l'ensemble des nouveaux bâtiments à construire est déjà prévu pour être raccordé au réseau de CAD Battelle (alimenté au gaz) et l'on voit mal comment proposer une alternative. Toutefois, un programme d'assainissement des anciens bâtiments de l'institut Battelle permettrait de réaliser des économies substantielles estimées à environ 1 GWh d'énergie finale par an.

Si, de surcroît, l'on considère un périmètre plus large, incluant notamment la parcelle de l'université toute proche, il existe une réelle opportunité de convertir une partie du PLQ vers les énergies renouvelables et locales. En effet, les futures constructions envisagées sur cette grande parcelle (dans le cadre du concours d'architectes en préparation) sont l'occasion de prévoir un volume de génie civil (environ 2000 m³) abritant une centrale de production de chaleur qui valoriserait au mieux des ressources thermiques locales (solaire, aérothermie, eaux usées) via des pompes à chaleur. A partir de cette centrale, un réseau de chaleur à basse température pourrait notamment venir s'interconnecter avec le CAD-Battelle, convertissant en partie celui-ci aux énergies renouvelables.

S'il est techniquement réalisable, le déploiement de l'infrastructure proposée ci-dessus présente les incertitudes suivantes :

- Rentabilité financière.
- Extension maximale possible pour le réseau de chaleur à distance avec une part suffisante d'énergie renouvelable
- Incidence d'une rénovation des bâtiments de l'institut Battelle sur le déploiement du réseau.

Afin de lever ces incertitudes, il serait souhaitable d'engager une étude de faisabilité technico-économique, permettant de définir un périmètre de déploiement du réseau de chaleur, éventuellement suivi d'un appel à investisseur (qui pourrait d'ailleurs inclure la rénovation des bâtiments de l'institut Battelle). Il est donc recommandé une concertation rapide entre les acteurs publics concernés (i.e. Commune de Carouge, Université et Etat) afin de prendre position sur ce sujet.

11 Annexes

11.1 Ratios de besoins énergétiques appliqués

	MINERGIE			MINERGIE-P		
	Chaleur	Puissance chaud	Electricité	Chaleur	Puissance chaud	Electricité
	kWh/m ²	W/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	W/m ²	kWh/m ²
habitat collectif	59	28	40	47	18	35
Ecoles	50	32	40	36	22	35
Commerce	42	27	40	31	18	35
Eqpt sportif	157	50	40	136	33	35

Tableau 5 : ratios de consommation en énergie finale appliqués

12 Références

Référence 1 : Etat de Genève – Service de l’Energie – *Aménagement de Carouge sud – Etude d’orientation énergétique* – CET 2011-11- Enercore – Novembre 2010

Référence 2 : Etat de Genève – DCTI – *PLQ rondeau de Carouge – Concept énergétique territorial* – CET 2013-103 – Enercore – Décembre 2012

Référence 3 : Etat de Genève – Projet PAV – *PDQPAV – Concept énergétique territorial* – CET 2012-14 – CSD ingénieurs conseils – Avril 2013

Référence 4 : Etat de Genève – Service de l’Energie – *Etude Energétique Stratégique Crouge-Arve (Les tours, le vieux Carouge, Carouge-Est, La Fontenette)* – Rapport Amstein+Walthert – Février 2012 – Version 2 – En cours de validation

Référence 5 : Service cantonal de l’énergie (SCANE), Services industriels de Genève (SIG) – *Evaluation du potentiel géothermique du canton de Genève* – Volume 1 – Rapport final – Elaboré par le groupe de travail PGG – Août 2011

Référence 6 : *Praille-Acacias-Vernets – Etude énergétique technique et économique du potentiel géothermique* – BG ingénieurs conseils – Groupe de planification énergétique PAVENE – ScanE - Juillet 2009

Référence 7 : *Praille-Acacias-Vernets – Etude exploratoire de la de demande et de l’offre d’énergie – Note de synthèse* - E. Gnansounou – EPFL-BPE – Groupe de planification énergétique PAVENE – Octobre 2009

Référence 8 : *Manuel de planification – Elaboré par la communauté de travail QM chauffages au bois* (Pour la Suisse : énergie-bois Suisse)